

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

PCT/FR 3 / 0 1 5 3 5

28 MAI 2003

# BREVET D'INVENTION

REC'D 11 AUG 2003

WIPO

PCT

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Best Available Copy

Fait à Paris, le 21 MAI 2003

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

DOCUMENT DE PRIORITÉ  
PRÉSENTÉ OU TRANSMIS  
CONFORMÉMENT À LA  
RÈGLE 17.1.a) OU b)

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLESIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
www.inpi.fr



26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

**BREVET D'INVENTION**  
**CERTIFICAT D'UTILITÉ**  
Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

N° 11354\*01

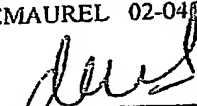

**REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2**

Remplir impérativement la 2ème page.

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DS 540 W / 190500

<b>REMISE DES PIÈCES</b> DATE <b>05 JUIN 2002</b> LIEU <b>75 INPI PARIS</b> N° D'ENREGISTREMENT <b>0206915</b> NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI <b>05 JUIN 2002</b>		<b>1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE</b> NOVAGRAAF TECHNOLOGIES 122, rue Edouard Vaillant 92593 LEVALLOIS PERRET CEDEX	
Vos références pour ce dossier (facultatif) BdR/BR 60677			
Confirmation d'un dépôt par télécopie <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie			
<b>2 NATURE DE LA DEMANDE</b>		Cochez l'une des 4 cases suivantes	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale		N°	Date
ou demande de certificat d'utilité initiale		N°	Date
Transformation d'une demande de brevet européen		N°	Date
<b>3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)</b> PROCÉDE ET SYSTÈME DE VÉRIFICATION DE SIGNATURES ÉLECTRONIQUES ET CARTE À MICROCIRCUIT POUR LA MISE EN ŒUVRE DU PROCÉDE			
<b>4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b>		Pays ou organisation Date N° Pays ou organisation Date N° Pays ou organisation Date N° <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
<b>5 DEMANDEUR</b>		<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
Nom ou dénomination sociale		FRANCE TELECOM	
Prénoms			
Forme juridique			
N° SIREN			
Code APE-NAF			
Adresse	Rue	6, place d'Alleray	
	Code postal et ville	75015 PARIS	
Pays		FRANCE	
Nationalité		FRANCAISE	
N° de téléphone (facultatif)			
N° de télécopie (facultatif)			
Adresse électronique (facultatif)			

REMISE DES PIÈCES DATE <b>5 JUIN 2002</b> LIEU <b>75 INPI PARIS</b> N° D'ENREGISTREMENT <b>0206915</b> NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		Réservé à l'INPI		08 540 W / 190600	
Vos références pour ce dossier : (facultatif)			BdR/BR-60677		
<b>6 MANDATAIRE</b>					
Nom			DE ROQUEMAUREL		
Prénom			Bruno		
Cabinet ou Société			NOVAGRAAF TECHNOLOGIES		
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel					
Adresse	Rue	122, rue Edouard Vaillant			
	Code postal et ville	92593	LEVALLOIS PERRET CEDEX		
N° de téléphone (facultatif)			01 49 64 61 00		
N° de télécopie (facultatif)			01 49 64 61 30		
Adresse électronique (facultatif)					
<b>7 INVENTEUR (S)</b>					
Les inventeurs sont les demandeurs			<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée		
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b>			Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)		
Établissement immédiat ou établissement différé			<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
Paiement échelonné de la redevance			Paiement en deux versements, uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non		
<b>9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>			Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition.) <input type="checkbox"/> Requête antérieurement à ce dépôt (joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence) :		
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes					
<b>10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire) Bruno de ROQUEMAUREL 02-0407 			<b>VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI</b> 		

PROCEDE ET SYSTEME DE VERIFICATION DE SIGNATURES  
ELECTRONIQUES ET CARTE A MICROCIRCUIT POUR LA MISE EN  
ŒUVRE DU PROCEDE.

5

La présente invention concerne un procédé et un système de vérification de signatures électroniques et une carte à microcircuit permettant la mise en œuvre de ce procédé.

- 10 Elle s'applique notamment, mais non exclusivement, à l'authentification d'informations, et à la vérification de signatures électroniques en vue d'autoriser certains traitements. Ces traitements consistent notamment à enregistrer des droits dans une carte à microcircuit électronique, par exemple dans des applications de ticket électronique de transport, ou de porte-monnaie  
15 électronique, ou encore de distribution de bons de réduction.

- En effet, les cartes à microcircuit électronique, dites cartes à puce, sont utilisées généralement comme support informatique mobile pour des applications très diverses et exigeant pour la plupart d'entre elles un haut niveau de sécurité,  
20 notamment les opérations bancaires, les paiements sécurisés, l'accès aux bâtiments ou à des zones sécurisées et les télécommunications.

- Lorsque l'on souhaite par exemple mettre à jour dans une carte à puce des données sensibles telles qu'un montant de recharge dans le cadre d'une  
25 application de porte-monnaie électronique, il est nécessaire que la carte soit en mesure de contrôler l'origine d'un ordre de mise à jour qu'elle reçoit. A cet effet, l'ordre de mise à jour est associé à une signature électronique dont l'identité du signataire est garantie par un certificat qui est également associé avec l'ordre de mise à jour.

30

- Une signature électronique apposée sur un message est en général obtenue en appliquant une fonction de hachage au message pour en obtenir un condensé et en chiffrant ce condensé à l'aide d'une clé privée connue seulement du signataire. Pour vérifier une signature, il suffit donc de disposer de la clé  
35 publique correspondant à la clé privée utilisée, ainsi que de la fonction de hachage, d'appliquer la fonction de hachage au message, de déchiffrer la signature à l'aide de la clé publique, et de comparer le résultat fourni par la fonction de hachage avec le résultat fourni par le déchiffrement. Si ces deux

résultats sont identiques, la signature est correcte.

Un certificat de clé publique, par exemple conforme à la norme X509 ou PKCS#6, est constitué de l'association d'une clé publique utilisée par une  
5 personne, d'informations d'identification de cette personne et de la définition d'une période de validité, l'association de ces informations étant rendue  
~~infalsifiable par une signature électronique apposée par une autorité de~~  
certification, cette signature utilisant une clé privée de l'autorité de certification.  
Pour vérifier un certificat, il suffit de disposer de la clé publique de l'autorité de  
10 certification correspondant à la clé privée utilisée, et d'utiliser cette clé publique pour contrôler que la signature électronique émane bien de l'autorité de certification. On peut ainsi s'assurer qu'une clé publique correspond à l'identité d'une personne déterminée. Toutefois, ce principe ne garantit pas que la  
15 personne qui utilise la clé privée correspondant à la clé publique est bien à celle identifiée dans le certificat. En général, les autorités de certification ne garantissent pas cette correspondance.

Pour garantir une telle correspondance, on a déjà proposé de mettre en place une organisation en chaîne ou pyramidale basée sur le concept de "chaînes de  
20 certificats" dans laquelle la signature électronique de chaque personne est certifiée par la signature d'une entité qui a été préalablement certifiée par une autre entité, et ainsi de suite jusqu'à une autorité de référence située au sommet de la pyramide. Dans une telle organisation, une signature s'appuie sur tous les certificats de toutes les clés publiques permettant de remonter la chaîne de  
25 certification jusqu'à l'autorité de référence. Pour vérifier une signature, il faut donc vérifier tous les certificats jusqu'à un certificat délivré par une entité connue dans la chaîne de certification. Il faut en outre que la clé publique de cette entité connue soit stockée d'une manière sûre et infalsifiable.

30 Les techniques à mettre en œuvre pour gérer une telle organisation peuvent être facilement implantées dans un ordinateur personnel de type PC, notamment par l'intermédiaire de logiciels de navigation Internet qui intègrent tout ou partie de ces fonctions avec les protocoles SSL ("Secure Sockets Layer") et HTTPS ("Hypertext Transfer Protocol" intégrant SSL). Par contre, elles sont beaucoup  
35 plus difficiles à mettre en œuvre dans une carte à puce qui possède une puissance de calcul et des capacités de stockage notablement plus limitées. En effet, les chaînes de certificats qu'il faut traiter sont très longues par rapport aux caractéristiques habituelles des cartes à puces. Ainsi, un certificat conforme à la

norme X509 peut atteindre quelques kilo bits, et si la chaîne de certificats est longue, la carte doit pouvoir traiter et mémoriser une quantité d'informations trop importante par rapport à ses capacités.

- Il convient de souligner à ce sujet qu'il n'est pas possible sans affecter la sécurité de faire exécuter de tels traitements par le terminal auquel la carte à puce est connectée ou d'utiliser la mémoire du terminal, car il serait alors facile de tromper la carte, notamment en changeant une clé publique par une autre.

- On a déjà proposé d'introduire dans la mémoire de la carte à puce toutes les clés publiques des autorités de certification de la chaîne de certification. Toutefois, cette solution nécessite des capacités de mémoire importantes, compte tenu qu'une clé publique atteint couramment plus de un kilo bits. Il est en outre nécessaire que ces clés publiques soient stockées dans une zone mémoire sécurisée, pour éviter les risques de fraude consistant à introduire dans cette liste de clés publiques une clé non autorisée. Il s'avère qu'à l'heure actuelle, les microcircuits implantés dans les cartes à puce ne disposent pas d'autant de capacité mémoire sécurisée.

- La présente invention a pour but de supprimer ces inconvénients en proposant une organisation de données et de traitements entre une carte à puce et un terminal, permettant de minimiser les contraintes appliquées à la carte en termes de quantité de mémoire et de traitements nécessaires, sans pour autant affecter la sécurité du système dans lequel ils sont mis en œuvre. Cet objectif est atteint par la prévision d'un procédé de vérification d'une signature électronique, faisant intervenir un microcircuit connectable à un système de traitement de données, le microcircuit étant conçu pour recevoir du système de traitement de données, des demandes de vérification de signatures électroniques et traiter ces demandes, une signature électronique étant générée à l'aide d'une clé privée connue seulement d'une entité signataire et associée à une clé publique.
- Selon l'invention, ce procédé comprend une étape de stockage dans une mémoire du microcircuit d'une table de certificats contenant une forme condensée d'au moins une clé publique, et une phase de vérification d'une signature électronique comportant les étapes consistant à :
- recevoir par le microcircuit la signature électronique à vérifier et une clé publique d'une paire de clés comprenant une clé privée ayant été utilisée pour générer la signature électronique à vérifier,
  - calculer une forme condensée de la clé publique reçue, et rechercher dans la

table de certificats la forme condensée calculée de la clé publique, et

- déchiffrer la signature électronique à l'aide de la clé publique reçue si la forme condensée calculée de la clé publique se trouve dans la table de certificats.

5

Selon une particularité de l'invention, ce procédé comporte une phase d'insertion d'une clé publique dans la table de certificats, comprenant les étapes consistant à :

- 10 - recevoir par le microcircuit un certificat de la clé publique à insérer dans la table de certificats, et une clé publique d'une entité de certification ayant généré le certificat, le certificat comprenant la clé publique à ajouter dans la table de certificats et une signature électronique de l'entité de certification, générée à l'aide d'une clé privée appartenant à une paire de clés comprenant
- 15 la clé publique de l'entité de certification,
- calculer par le microcircuit une forme condensée de la clé publique reçue de l'entité de certification, et rechercher dans la table de certificats la forme condensée calculée de la clé publique,
- déchiffrer la signature électronique à l'aide de la clé publique reçue de
- 20 l'entité de certification si la forme condensée calculée de la clé publique se trouve dans la table,
- extraire du certificat la clé publique à insérer si la signature électronique déchiffrée est correcte,
- calculer un condensé de la clé publique extraite du certificat et insérer le
- 25 condensé calculé dans la table de certificats.

Avantageusement, la phase d'insertion d'une clé publique dans la table de certificats comprend l'insertion, en association avec le condensé inséré de la clé publique, d'un pointeur dans la table de certificats vers le condensé de la clé

30 publique de l'entité de certification qui a émis le certificat de la clé publique à insérer, de manière à définir un arbre de certification.

Selon une autre particularité de l'invention, ce procédé comprend une phase de suppression d'un condensé de clé publique dans la table de certificats consistant

35 à supprimer de la table de certificats le condensé d'une clé publique à retirer, et à supprimer tous les condensés de clés publiques de la table de certificats associés à un pointeur indiquant la clé publique à retirer.

- De préférence, chaque condensé de clé publique inscrit dans la table de certificats est associé à une date de fin de validité, et en ce que la phase d'insertion d'une clé publique dans la table de certificats comprend en outre des étapes consistant à lire dans le certificat reçu une date de fin de validité de la clé publique à insérer, et à inscrire dans la table de certificats, en association avec le
- 5 condensé de la clé publique à insérer, la date de fin de validité de la clé publique à insérer, si elle est antérieure à la date de fin de validité de la clé publique de l'entité de certification lue dans la table de certificats.
- 10 Egalement de préférence, chaque condensé de clé publique inscrit dans la table de certificats est associé à un compteur d'utilisation qui est incrémenté à chaque fois qu'une signature électronique est vérifiée à l'aide de la clé publique, et en ce qu'il comprend la suppression d'un condensé de clé publique dans la table de certificats lorsque le compteur d'utilisation est nul et que le nombre
- 15 d'emplacements vides dans la table de certificats est inférieur à un seuil prédéterminé.

- Egalement de préférence, chaque condensé de clé publique inscrit dans la table de certificats est associé à un compteur d'utilisation qui est incrémenté à chaque
- 20 fois qu'une signature électronique est vérifiée à l'aide de la clé publique, à une date de dernière utilisation qui est mise à jour à chaque fois que le compteur d'utilisation associé est incrémenté, et en ce que lorsque le nombre d'emplacements vides dans la table de certificats est inférieur à un seuil prédéterminé, il comprend en outre une étape de sélection d'un condensé de clé
- 25 publique à supprimer en fonction des valeurs respectives associées du compteur d'utilisation et de la date de dernière utilisation.

- Avantageusement, le microcircuit utilise une fonction de hachage prédéfinie pour calculer des formes condensées de clés publiques.
- 30 Selon encore une autre particularité de l'invention, ce procédé comporte une phase d'insertion d'une clé publique racine dans la table de certificats, cette phase d'insertion étant effectuée par un traitement d'écriture contrôlée par un MAC calculé à l'aide d'une clé spécifique du microcircuit et connue
- 35 uniquement d'une entité émettrice du microcircuit.

Avantageusement, le condensé d'une clé publique mémorisé dans la table de certificats est obtenu en calculant un condensé de la clé publique associée à



d'autres informations comme la date de fin de validité de la clé publique, des informations d'identité, et de numéros de série, ces informations étant transmises au microcircuit à chaque vérification de signature à l'aide de la clé publique.

5

Avantageusement, le condensé d'une clé publique mémorisé dans la table de certificats est obtenu en calculant un condensé du certificat reçu par le microcircuit lors de l'insertion de la clé publique dans la table de certificats, ce certificat étant transmis au microcircuit à chaque vérification de signature à l'aide de la clé publique.

10

De préférence, la table de certificats est stockée dans une zone mémoire sécurisée du microcircuit.

15 L'invention concerne également une carte à microcircuit mettant en œuvre le procédé défini ci-avant.

L'invention concerne également un système de vérification de signature électronique comprenant un microcircuit connectable à un système de traitement de données, pour la mise en œuvre du procédé défini ci-avant.

20

Un mode de réalisation préféré de l'invention sera décrit ci-après, à titre d'exemple non limitatif, avec référence aux dessins annexés dans lesquels :

25

La figure 1 représente schématiquement un système dans lequel le procédé selon l'invention peut être mis en œuvre ;

La figure 2 représente un arbre de certificats ;

La figure 3 représente une table de certificats telle qu'elle est mémorisée dans une carte à puce, selon l'invention ;

30

Les figures 4 à 6 représentent sous la forme d'organigrammes de différentes procédures qui sont exécutées par une carte à puce, selon l'invention ;

La figure 7 représente une variante selon l'invention de la table de certificats représentée sur la figure 3.

Le système représenté sur la figure 1 comprend une pluralité de terminaux 51 connectés à des réseaux 50 de transmission de données numériques. Ces terminaux sont conçus pour fournir différents services nécessitant d'être protégés contre les fraudes, tels que le rechargement de portes-monnaie électroniques, ou l'attribution d'un droit (par exemple de transport), ou encore pour l'échange sécurisé de données.

Par ailleurs, les utilisateurs du système disposent d'une carte personnelle, de type carte à microprocesseur 53, plus couramment appelée carte à puce, chaque terminal 51 étant équipé de moyens de communication 52, tels qu'un lecteur de carte à puce, pour communiquer avec le microprocesseur de la carte 53.

Pour qu'un utilisateur puisse accéder à un service tel que mentionné ci-avant, il doit posséder une carte à puce 53 dans laquelle se trouve mémorisé une clé publique attribuée au service. Cette clé publique lui permet de vérifier ou d'authentifier les signatures des différents terminaux grâce à une chaîne de certification.

La figure 2 représente un arbre de certificats de clés publiques comprenant plusieurs chaînes de certification. Cet arbre montre par des liens entre des clés que les clés publiques respectives d'entités A1 et A2 sont certifiées par une entité A, et que les clés publiques de l'entité A et d'une entité B sont certifiées par une entité R appelée "racine" du fait qu'elle est située à la racine de l'arbre.

Si l'on souhaite qu'un certificat émis par exemple par l'entité A2 et portant sur une clé publique d'une personne X, puisse être vérifié par une personne ne connaissant que l'autorité de certification R, il est nécessaire de lui transmettre l'ensemble d'une chaîne de certificats comprenant un certificat émis par l'autorité de certification R. Si l'on note  $\langle A, A1 \rangle$  un certificat émis par l'entité A et portant sur la clé publique d'une entité A1, une telle chaîne de certification est constituée des certificats suivants :

30

$$\langle A2, X \rangle \langle A, A2 \rangle \langle R, A \rangle.$$

Chaque certificat est constitué de la signature de l'autorité de certification apposée sur la clé publique à certifier, associée à des informations d'identification du titulaire de la clé publique à certifier et de l'autorité de certification, et éventuellement à des dates de début et de fin de validité. On a donc  $\langle R, A \rangle = (\text{Sig}_R(A_p, \text{Identité de A, Dates de début et de fin de validité}), \text{Identité de R})$ ,  $A_p$  représentant la clé publique de l'entité A.

Si dans l'exemple précédent, on souhaite qu'une signature  $Sig_X(M)$  émise par la personne X et portant sur un message M, puisse être vérifiée par une personne ne connaissant que l'autorité de certification R, il est nécessaire d'associer à  
5 cette signature les certificats mentionnés précédemment :

---

$$Sig_X(M) \langle A_2, X \rangle \langle A, A_2 \rangle \langle R, A \rangle$$

De cette manière, si l'on connaît la clé publique  $R_p$ , le certificat  $\langle R, A \rangle$  fournit  
10 la clé publique  $A_p$  de l'entité A. Le certificat  $\langle A, A_2 \rangle$  fournit la clé publique  $A_{2p}$  de l'entité A2, et le certificat  $\langle A_2, X \rangle$  fournit la clé publique  $X_p$  permettant de vérifier la signature  $Sig_X(M)$ .

Lorsque l'on souhaite vérifier une signature et donc s'assurer de la validité  
15 d'une clé publique, ce processus implique la transmission d'une quantité importante d'informations et de nombreux traitements, ces contraintes étant incompatibles avec les capacités de stockage et de traitement d'une carte à puce.

Pour résoudre ce problème, la présente invention prévoit de stocker dans la  
20 mémoire de la puce, non pas les clés publiques des autorités de certification reconnues, mais un condensé de ces clés publiques, obtenu par exemple à l'aide d'une fonction dite de hachage, telle que MD4 ou 5 ("Message Digest"), SHA ("Secure Hash Algorithm") ou HMAC ("Hashed Message Authentication  
25 Code").

Ces clés condensées sont stockées sous la forme d'une table de certificats 5 telle que représentée sur la figure 3. Dans la table de certificats représentée sur cette figure, chaque condensé de clé publique  $Hash(X_p)$  6 est associé à une date de fin de validité 7 du certificat correspondant, par exemple définie sous la forme  
30  $\langle \text{numéro de mois} \rangle / \langle \text{année sur 2 chiffres} \rangle$ , et un pointeur 8 vers la ligne du tableau correspondant à la clé publique située en amont dans la chaîne de certification.

Ainsi, par exemple la clé  $A_{2p}$  mémorisée sous forme condensée à la quatrième  
35 ligne du tableau est associée à une date de fin de validité égale à décembre 2002 et est rattachée à la ligne 2 du tableau dans laquelle se trouvent mémorisées les informations concernant la clé publique  $A_p$ . D'une manière générale, les pointeurs figurant dans la colonne de pointeurs 8 de la table 5 permettent donc

de reconstituer l'arbre de certification représenté sur la figure 2.

Comme la clé racine  $R_p$  de l'arbre de certification n'est rattachée à aucune autre clé, elle est associée dans la table de certification à un pointeur nul.

5

Bien entendu, la table de certification selon l'invention peut contenir plusieurs arbres de certification indépendants, et donc plusieurs clés racine.

10 Outre le fait qu'elle réduit les ressources mémoire nécessaires, l'invention permet également de simplifier la gestion de cette mémoire sachant que la taille des clés est variable (elle est en général plus importante pour les clés racine que pour les autres clés), et qu'une fonction de hachage fournit une séquence binaire d'une longueur constante quelle que soit la taille de la séquence binaire appliquée en entrée de la fonction.

15

Conformément à l'invention, cette table de certificats 5 est associée à une procédure d'insertion d'une nouvelle clé certifiée par une clé figurant dans la table, une procédure de suppression d'une clé de la table, et une procédure de vérification de signature ayant utilisé une clé de la table, ces procédures étant  
20 stockées dans la mémoire programme de la carte à puce 53 et étant exécutables par l'unité de traitement de la carte, sur commande du terminal 51 relié à la carte.

L'insertion d'une nouvelle clé dans la table de certificats 5 est effectuée par une  
25 procédure 1 illustrée schématiquement dans la figure 4.

A l'étape 10, cette procédure reçoit le certificat de la clé publique à insérer dans la table 5,  $\langle R, B \rangle$  dans l'exemple représenté, associé à la clé publique  $R_p$  de l'autorité de certification qui a émis le certificat. A l'étape suivante 11, cette  
30 procédure calcule un condensé  $\text{Hash}(R_p)$  de la clé publique reçue  $R_p$  à l'aide d'une fonction de hachage prédéfinie, puis recherche 12 dans la table de certificats ce condensé de clé. Si ce condensé de clé  $\text{Hash}(R_p)$  ne figure pas dans la table de certificats 5, cette procédure renvoie 13 en réponse un message d'erreur. Dans le cas contraire, elle vérifie 14 le certificat en tentant de le  
35 déchiffrer à l'aide de la clé publique  $R_p$ . Si ce certificat n'est pas valide, c'est-à-dire s'il ne peut pas être déchiffré à l'aide de la clé publique  $R_p$  (étape 15), cette procédure renvoie 16 en réponse un message d'erreur. Dans le cas contraire, elle extrait 17 du certificat  $\langle R, B \rangle$  la clé publique  $B_p$  à insérer dans la table de

- certificats, puis elle calcule 18 un condensé  $\text{Hash}(B_p)$  de cette clé publique à l'aide de la même fonction de hachage, et insère 19 la clé publique condensée obtenue dans la table de certificats. A l'étape 19, la procédure insère également dans la table 5 la date de fin de validité fournie par le certificat  $\langle R, B \rangle$ , et insère
- 5 dans la colonne 8 des pointeurs de la table de certificats, l'adresse ou le numéro de la ligne de la table correspondant à la clé publique  $R_p$  fournie avec le certificat  $\langle R, B \rangle$  en entrée de la procédure, cette adresse ou ce numéro de ligne ayant par exemple été mémorisé à l'étape 12.
- 10 Lors de l'étape d'insertion de la nouvelle clé  $B_p$  dans la table, on peut s'assurer au préalable que la date de fin de validité de la nouvelle clé est antérieure à la date de fin de validité de la clé  $R_p$  à laquelle elle est rattachée par le certificat. Cette disposition vise à satisfaire le principe qu'une autorité ne peut pas attribuer des droits plus étendus que ceux dont elle dispose. Si cette date est
- 15 postérieure à la date de fin de validité de la clé à laquelle elle est rattachée, on peut prévoir d'inscrire dans la table, la date la plus ancienne parmi ces deux dates. En variante, on peut décider pour des raisons de sécurité de ne pas inscrire la nouvelle clé dans la table et d'émettre un message d'erreur à destination du terminal.
- 20 La procédure 1 qui vient d'être décrite permet donc d'insérer dans la table une clé rattachée par un certificat à une autre clé dont le condensé se trouve déjà dans la table de certificats 5. Toute la sécurité du système de certification mis en œuvre par la table de certificats et la procédure d'insertion d'une nouvelle
- 25 clé dans la table, repose donc sur la procédure employée pour insérer une clé racine dans la table. Pour cette raison, l'insertion d'une clé racine doit être effectuée par une procédure assurant une protection suffisante. A cet effet, une telle procédure peut par exemple comprendre un traitement classique d'écriture contrôlée par un MAC (Message Authentication Code") calculé à l'aide d'une
- 30 clé spécifique de la carte et connue uniquement de l'émetteur de la carte.

La figure 5 illustre schématiquement la procédure 2 de vérification de signature notée  $\text{Sig}(A_p, M)$  pour indiquer qu'elle est apposée au message  $M$  et a été générée à l'aide d'une clé privée correspondant à la clé publique  $A_p$ .

35

Cette procédure reçoit en entrée à l'étape 21 la signature à vérifier, par exemple  $\text{Sig}(A_1, M)$  et la clé publique  $A_1$  correspondant à la clé privée ayant été utilisée pour générer la signature.

A l'étape 22, cette procédure calcule un condensé  $\text{Hash}(A1_p)$  de la clé  $A1_p$  reçue, et à l'étape 23 recherche si ce condensé de clé se trouve dans la table de certificats 5. S'il ne s'y trouve pas, la carte ne peut pas vérifier la signature et retourne 24 un message d'erreur. Dans le cas contraire, elle vérifie 25 la signature en tenant de déchiffrer le condensé du message  $M$  à l'aide de la clé publique  $A1_p$ . Aux étapes suivantes 26, 27, 28, elle retourne un message donnant le résultat de la vérification.

La figure 6 illustre schématiquement la procédure 3 de retrait d'une clé de la table de certificats 5. A l'étape 31, cette procédure reçoit en entrée la clé  $B_p$  à supprimer. Aux étapes 32 et 33, cette procédure calcule le condensé  $\text{Hash}(B_p)$  de la clé  $B_p$  et recherche le condensé de cette clé dans la table 5. Si la clé à supprimer n'est pas trouvée dans la table, cette procédure retourne 34 un message d'erreur. Dans le cas contraire, elle supprime toutes les informations figurant dans la ligne trouvée de la table 5. A l'étape suivante 36, elle recherche si d'autres clés doivent être retirées de la table 5 du fait qu'elles sont rattachées à la clé supprimée, c'est-à-dire si la table contient des pointeurs indiquant la ligne supprimée. Si d'autres clés doivent être supprimées (étape 37) de la table, cette procédure passe à l'étape 38 consistant à exécuter la procédure 3 à partir de l'étape 35 pour chacune des clés trouvées. De cette manière, si on retire la clé  $A$  de la table, on retire également, d'une manière automatique toutes les clés rattachées à  $A$ , c'est-à-dire dans l'exemple de la figure 2, les clés  $A1$  et  $A2$ , ainsi que toutes les clés qui seraient rattachées à  $A1$  ou  $A2$ .

Il est à noter que la procédure 3 peut être appelée régulièrement par l'unité de traitement de la carte, par exemple lorsque celle-ci reçoit la date courante, pour retirer de la table 5 toutes les clés qui ont expiré, c'est-à-dire qui ont une date de fin de validité antérieure à la date courante.

En outre, en fin de traitement de suppression, on peut prévoir de réorganiser la table 5 en décalant toutes les lignes non vides de la table vers le début de celle-ci de manière à éliminer toutes les lignes vides entre deux lignes non vides.

On peut remarquer que les procédures 1, 2, 3 qui viennent d'être décrites peuvent être exécutées en mode non connecté, c'est-à-dire qu'elles ne nécessitent pas l'intervention d'autres entités que la carte à puce 53 et le terminal 51 auquel celle-ci est raccordée, dès lors que le terminal dispose des certificats, signatures et clés publiques requis par ces procédures.

On peut également prévoir dans la table des certificats 5' une colonne 41 supplémentaire, destinée à recevoir des compteurs d'utilisation associés à chaque clé de la table (figure 7).

- 5 A chaque fois que la procédure 2 est exécutée pour vérifier une signature à partir d'une clé de la table, on incrémente de 1 le compteur correspondant, lequel a été initialisé à 0 lors de l'insertion de la clé dans la table, ainsi que tous les compteurs associés aux clés appartenant à la même chaîne de certification, situées en amont, c'est-à-dire entre la clé correspondant à la signature vérifiée et
- 10 la clé racine de la chaîne de certification. A titre d'exemple, si la procédure 2 est appelée pour vérifier une signature à l'aide de la clé  $A1_p$ , les compteurs associés aux clés  $A1_p$ ,  $A_p$  et  $R_p$  sont incrémentés.

- Cette disposition permet de gérer plus efficacement la mémoire de la carte à
- 15 puce 53 qui est limitée, en donnant une information sur l'utilisation de chaque clé de la table de certification en vue de retirer de la table de certification les clés qui n'ont jamais été utilisées. Le déclenchement de ce retrait peut être effectué le terminal 51. Dans ce cas, la procédure 1 comprend une étape d'émission d'un message "mémoire insuffisante" à destination du terminal
- 20 lorsque le nombre de lignes vides de la table 5' est inférieur à un nombre prédéfini. On peut également prévoir que la procédure 1 déclenche ce retrait en en appelant la procédure 3 à l'étape 19.

- Par ailleurs, si tous les compteurs de la table 5' sont non nuls et que la table est
- 25 pleine, on peut prévoir de supprimer la clé associée à la valeur de compteur la plus faible. Si plusieurs clés dans la table 5' répondent à ce critère, la clé qui est choisie pour être retirée de la table peut être l'une de celles qui sont les plus éloignées d'une clé racine.

- 30 En outre, la table peut contenir une colonne 42 supplémentaire contenant la date de mise à jour de chaque compteur ou date de la dernière utilisation de la clé. De cette manière, on peut combiner un critère de nombre d'utilisation et un critère de date de dernière utilisation, ou appliquer l'un ou l'autre de ces deux critères pour sélectionner les clés à retirer de la table de certificats 5'. Selon les
- 35 applications, on peut ainsi choisir de supprimer de la table la clé associée à une date de dernière utilisation la plus ancienne.

La table de certificats selon l'invention peut mémoriser d'autres informations

sous forme condensée, telle que des informations d'identité, de numéro de série, de date de fin de validité, etc. Dans ce cas, ces informations doivent être transmises à la carte lors de l'appel des procédures 1, 2 et 3.

- 5 Selon une variante de l'invention, la table mémorise non pas un condensé des clés publiques des autorités de certification, mais un condensé de certificats émis par ces dernières et constituant l'arbre de certification. Ces certificats doivent alors être transmis à la carte lors de l'appel des procédures 1, 2 et 3.



## REVENDICATIONS

1. Procédé de vérification d'une signature électronique, faisant intervenir un microcircuit (53) connectable à un système de traitement de données (51), le microcircuit étant conçu pour recevoir du système de traitement de données, des demandes de vérification de signatures électroniques et traiter ces demandes, une signature électronique étant générée à l'aide d'une clé privée connue seulement d'une entité signataire et associée à une clé publique,
- 10 caractérisé en ce qu'il comprend une étape de stockage dans une mémoire du microcircuit (53) d'une table de certificats (5, 5') contenant une forme condensée d'au moins une clé publique, et une phase (2) de vérification d'une signature électronique comportant les étapes consistant à :
- 15 – recevoir (21) par le microcircuit la signature électronique ( $\text{Sig}(A1_p, M)$ ) à vérifier et une clé publique ( $A1_p$ ) d'une paire de clés comprenant une clé privée ayant été utilisée pour générer la signature électronique à vérifier,
  - calculer (22) une forme condensée ( $\text{Hash}(A1_p)$ ) de la clé publique reçue, et rechercher (23) dans la table de certificats (5, 5') la forme condensée calculée de la clé publique, et
  - 20 – déchiffrer (25) la signature électronique à l'aide de la clé publique reçue si la forme condensée calculée de la clé publique se trouve dans la table de certificats.
2. Procédé selon la revendication 1,
- 25 caractérisé en ce qu'il comporte une phase (1) d'insertion d'une clé publique ( $B_p$ ) dans la table de certificats (5, 5'), comprenant les étapes consistant à :
- recevoir (10) par le microcircuit (53) un certificat ( $\langle R, B \rangle$ ) de la clé publique ( $B_p$ ) à insérer dans la table de certificats, et une clé publique ( $R_p$ ) d'une entité de certification ayant généré le certificat, le certificat comprenant la clé publique à ajouter dans la table de certificats et une signature électronique de l'entité de certification, générée à l'aide d'une clé privée appartenant à une
  - 30 paire de clés comprenant la clé publique de l'entité de certification,
  - calculer (11) par le microcircuit une forme condensée ( $\text{Hash}(R_p)$ ) de la clé publique ( $R_p$ ) reçue de l'entité de certification, et rechercher (12) dans la
  - 35 table de certificats la forme condensée calculée de la clé publique,
  - déchiffrer (14) la signature électronique à l'aide de la clé publique reçue de l'entité de certification si la forme condensée calculée de la clé publique se trouve dans la table,

- extraire (17) du certificat la clé publique ( $B_p$ ) à insérer si la signature électronique déchiffrée est correcte,
- calculer (18) un condensé ( $\text{Hash}(B_p)$ ) de la clé publique ( $B_p$ ) extraite du certificat et insérer (19) le condensé calculé dans la table de certificats.

5

### 3. Procédé selon la revendication 2,

caractérisé en ce que la phase (1) d'insertion d'une clé publique ( $B_p$ ) dans la table de certificats (5, 5') comprend l'insertion, en association avec le condensé inséré de la clé publique, d'un pointeur (8) dans la table de certificats vers le condensé de la clé publique ( $R_p$ ) de l'entité de certification qui a émis le certificat ( $\langle R, B \rangle$ ) de la clé publique à insérer, de manière à définir un arbre de certification.

10

### 4. Procédé selon la revendication 3,

caractérisé en ce qu'il comprend une phase (3) de suppression d'un condensé ( $\text{Hash}(B_p)$ ) de clé publique ( $B_p$ ) dans la table de certificats (5, 5') consistant à supprimer de la table de certificats le condensé d'une clé publique à retirer, et à supprimer tous les condensés de clés publiques de la table de certificats associés à un pointeur (8) indiquant la clé publique ( $B_p$ ) à retirer.

20

### 5. Procédé selon l'une des revendications 2 à 4,

caractérisé en ce que chaque condensé de clé publique inscrit dans la table de certificats (5, 5') est associé à une date de fin de validité (7), et en ce que la phase (1) d'insertion d'une clé publique ( $B_p$ ) dans la table de certificats comprend en outre des étapes consistant à lire dans le certificat ( $\langle R, B \rangle$ ) reçu une date de fin de validité de la clé publique à insérer, et à inscrire dans la table de certificats, en association avec le condensé de la clé publique à insérer, la date de fin de validité de la clé publique ( $B_p$ ) à insérer, si elle est antérieure à la date de fin de validité de la clé publique ( $R_p$ ) de l'entité de certification lue dans la table de certificats.

30

### 6. Procédé selon l'une des revendications 2 à 5,

caractérisé en ce que chaque condensé de clé publique inscrit dans la table de certificats (5, 5) est associé à un compteur (41) d'utilisation qui est incrémenté à chaque fois qu'une signature électronique est vérifiée à l'aide de la clé publique, et en ce qu'il comprend la suppression d'un condensé de clé publique dans la table de certificats lorsque le compteur d'utilisation est nul et que le nombre d'emplacements vides dans la table de certificats est inférieur à un seuil

35

prédéterminé.

7. Procédé selon l'une des revendications 2 à 6,  
caractérisé en ce que chaque condensé de clé publique inscrit dans la table de  
5 certificats (5, 5') est associé à un compteur (41) d'utilisation qui est incrémenté  
à chaque fois qu'une signature électronique est vérifiée à l'aide de la clé  
publique, à une date de dernière utilisation (42) qui est mise à jour à chaque fois  
que le compteur d'utilisation associé est incrémenté, et en ce que lorsque le  
10 nombre d'emplacements vides dans la table de certificats est inférieur à un seuil  
prédéterminé, il comprend en outre une étape de sélection d'un condensé de clé  
publique à supprimer en fonction des valeurs respectives associées du compteur  
d'utilisation et de la date de dernière utilisation.

8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7,  
15 caractérisé en ce que pour calculer des formes condensées de clés publiques, le  
microcircuit (53) utilise une fonction de hachage prédéfinie.

9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 8,  
caractérisé en ce qu'il comporte une phase d'insertion d'une clé publique racine  
20 ( $R_p$ ) dans la table de certificats (5, 5'), cette phase d'insertion étant effectuée  
par un traitement d'écriture contrôlée par un MAC calculé à l'aide d'une clé  
spécifique du microcircuit (53) et connue uniquement d'une entité émettrice du  
microcircuit.

25 10. Procédé selon l'une des revendications 1 à 9,  
caractérisé en ce que le condensé d'une clé publique mémorisé dans la table de  
certificats (5, 5') est obtenu en calculant un condensé de la clé publique  
associée à d'autres informations comme la date de fin de validité de la clé  
publique, des informations d'identité, et de numéros de série, ces informations  
30 étant transmises au microcircuit (53) à chaque vérification de signature à l'aide  
de la clé publique.

11. Procédé selon l'une des revendications 1 à 10,  
caractérisé en ce que le condensé d'une clé publique mémorisé dans la table de  
35 certificats (5, 5') est obtenu en calculant un condensé du certificat reçu par le  
microcircuit (53) lors de l'insertion de la clé publique dans la table de  
certificats, ce certificat étant transmis au microcircuit à chaque vérification de  
signature à l'aide de la clé publique.

12. Procédé selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que la table de certificats (5, 5') est stockée dans une zone mémoire sécurisée du microcircuit (53).

5

13. Carte à microcircuit (53), caractérisée en ce qu'elle met en œuvre le procédé selon l'une des revendications 1 à 12.

10 14. Système de vérification de signature électronique comprenant un microcircuit (53) connectable à un système de traitement de données (51), caractérisé en ce qu'il comprend des moyens pour en œuvre le procédé selon l'une des revendications 1 à 12.

1/3

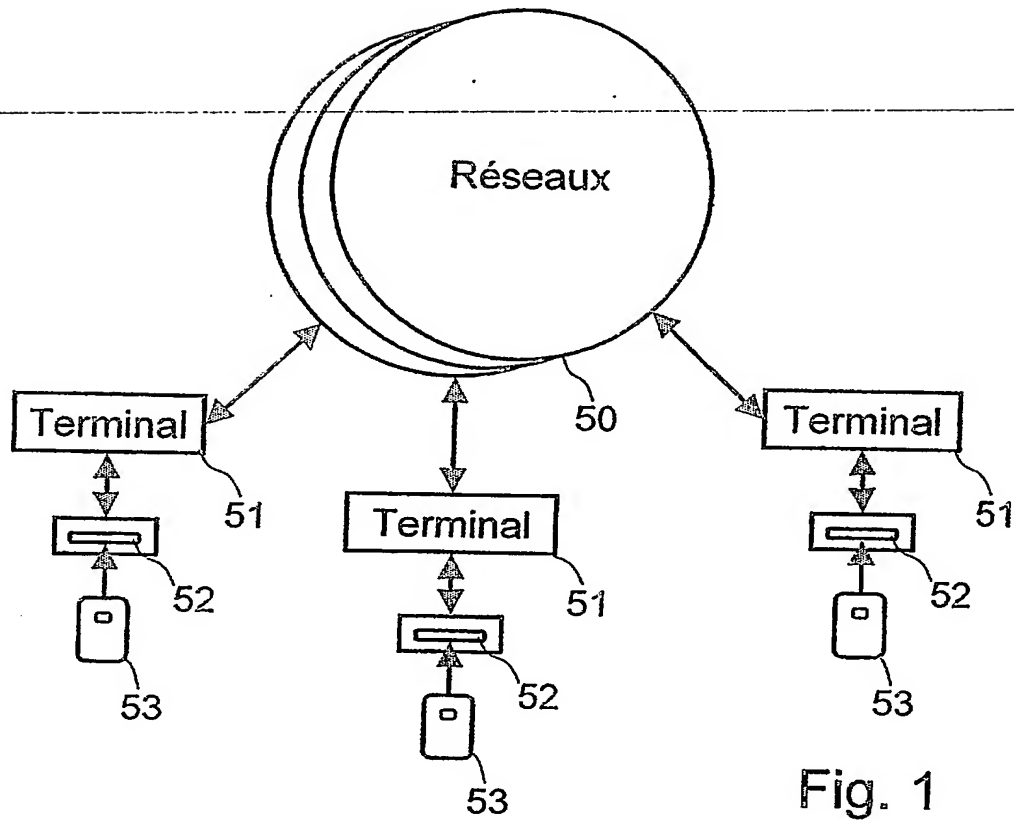


Fig. 1

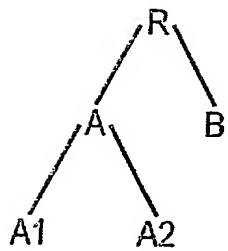


Fig. 2

Table Certificats			
1	Hash(R <sub>p</sub> )	12/03	0
2	Hash(A <sub>p</sub> )	06/03	1
3	Hash(A1 <sub>p</sub> )	12/02	2
4	Hash(A2 <sub>p</sub> )	12/02	2
5	Hash(B <sub>p</sub> )	08/03	1

Fig. 3

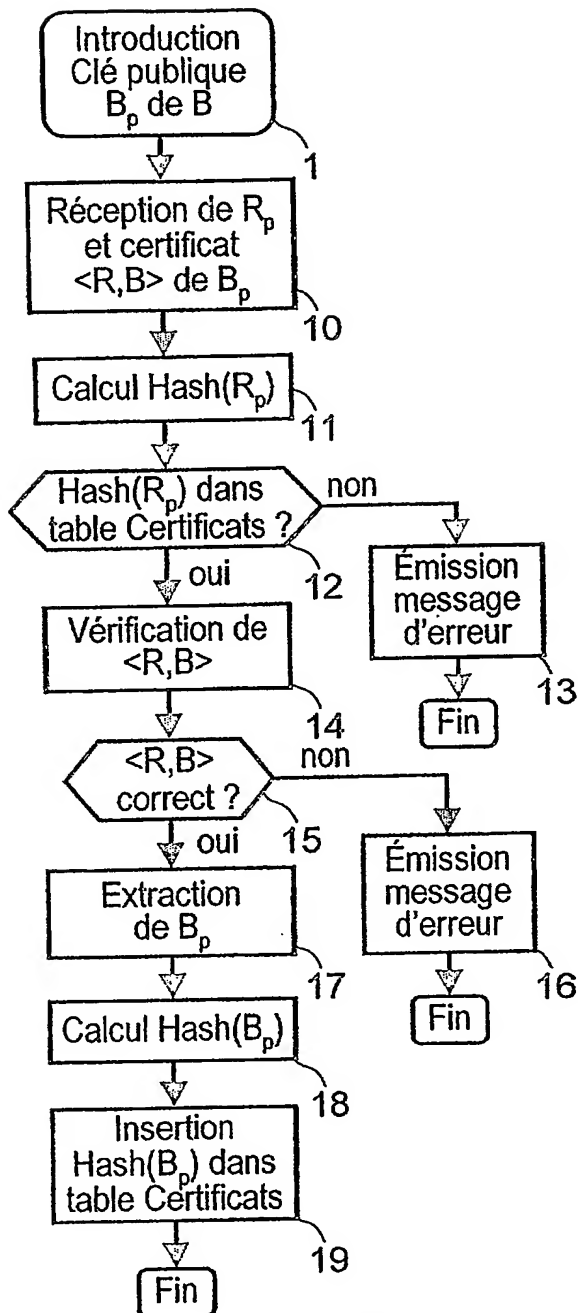


Fig. 4

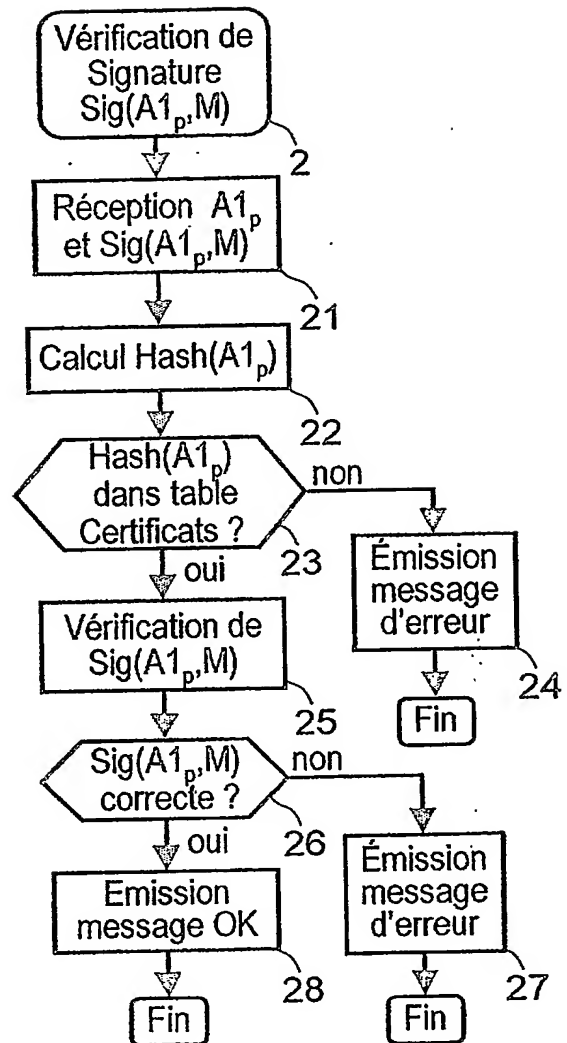


Fig. 5

Table Certificats					
1	Hash(R <sub>p</sub> )	12/03	0	x	xx/xx
2	Hash(A <sub>p</sub> )	06/03	1		
3	Hash(A1 <sub>p</sub> )	12/02	2		
4	Hash(A2 <sub>p</sub> )	12/02	2		
5	Hash(B <sub>p</sub> )	08/03	1		

Fig. 7

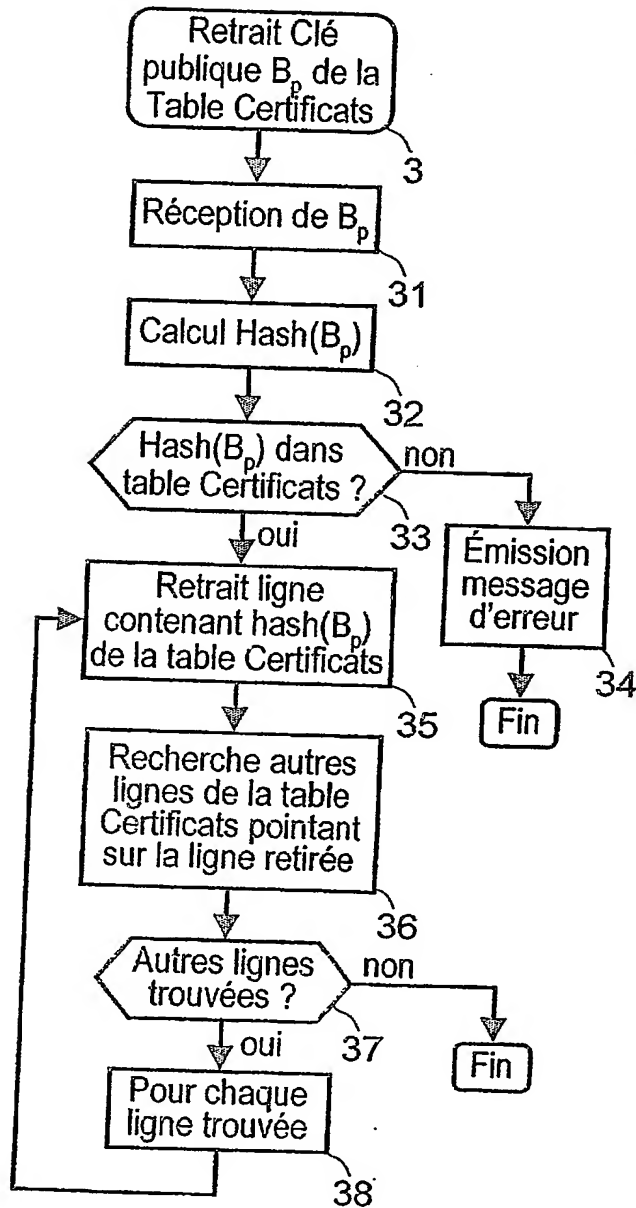


Fig. 6

reçu le 24/06/02



**BREVET D'INVENTION**  
**CERTIFICAT D'UTILITÉ**  
Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

N° 11 235\*02

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1. / 1..

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

08 113 W / 260899

Vos références pour ce dossier (facultatif)		BdR/BR 60677	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		0206515	
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) PROCÉDE ET SYSTÈME DE VÉRIFICATION DE SIGNATURES ÉLECTRONIQUES ET CARTE À MICROCIRCUIT POUR LA MISE EN ŒUVRE DU PROCÉDE			
LE(S) DEMANDEUR(S) : FRANCE TELECOM 6 place d'Alleray 75015 PARIS			
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
Nom		PAILLÉS	
Prénoms		Jean-Claude	
Adresse	Rue	4, rue des Loisirs	
	Code postal et ville	14610	EPRON
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom		BOUTROUX	
Prénoms		Vincent	
Adresse	Rue	229, rue Jean-Moulin	
	Code postal et ville	14880	HERMANVILLE SUR MER
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) Bruno de ROQUEMAUREL 02-0407 Levallois, le 04 juin 2002			

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire.  
Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☐ FADED TEXT OR DRAWING

☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**